**Prospective SIC 2023**

**Document de synthèse préliminaire des ateliers**

|  |  |
| --- | --- |
| **Titre de l’atelier** | **Continuum Sciences-Société et transdisciplinarité : co-construction de la recherche-action pour accompagner la transition des territoires** |
| Nom(s), prénom(s), Adresse(s) mail des coordinateur.trice.s | Catherine Bertrand [catherine.bertrand@univ-fcomte.fr](mailto:catherine.bertrand@univ-fcomte.fr)  Stéphane Vuilleumier [vuilleumier@unistra.fr](mailto:vuilleumier@unistra.fr) |
| Membres du groupe d’animation de l’atelier | Mélanie Raimonet ; Julie Aufort ; Daniel Gilbert ; Olivier Merlin ; Isabelle Ruin Nathalie Vigier |
| Date/version du document | 21/01/2024 |

**1/ Mode de fonctionnement de l’atelier**

Le groupe d’animation a fonctionné en réunions régulières en visioconférence visant à :

* redéfinir les contours de cet atelier,
* -proposer un titre qui regroupe les 3 thèmes qui composent cet atelier,
* se répartir l’analyse des contributions des trois thèmes entre les animateurs de l’atelier.

Le groupe a proposé un document de travail qui a été mis à la disposition de la communauté le 8/12/23, et discuté lors d’un webinar le 15/12/23 (13-14h).

Ce document représente une synthèse préliminaire de l’atelier et a vocation à préparer les réflexions et les échanges lors du colloque de prospectives.

**2/ Contribution scientifique**

**Thème a - Continuum Sciences-Sociétés: Co-construction de la recherche autour d'enjeux d'habitabilité du territoire**

Les sciences des SIC sont au cœur de l’observation et de la compréhension des processus à l’œuvre dans le dépassement de nombre de limites planétaires (changement climatique, cycles biogéochimiques, ressources en eau, changement d’usage des sols, intégrité de la biosphère, etc.). Les questions de recherche de la communauté SIC réunies dans le cadre du thème *Continuum Sciences-Société et transdisciplinarité* se situent à l’interface de plusieurs continua : biotique-abiotique, terre-mer, surface-atmosphère, sciences-société, fondamental-appliqué. Les contributions rassemblées font état de la conscience accrue des membres de notre communauté de la nécessité et de l’urgence à agir par la production d’une recherche utile à l’accompagnement des transitions socio-écologiques et énergétiques nécessaires à la préservation de l’habitabilité de nos territoires. Ainsi, ces recherches se positionnent au carrefour de différentes formes de savoirs et d’expertises scientifiques et locales pour une approche systémique et résolument inter- et transdisciplinaire des enjeux de soutenabilité.

De manière générale, l'analyse des interactions entre sociétés humaines et milieux, sous le prisme de l’impact humain sur les différents sous-compartiments étudiés, et avec une dimension territoriale et prospective forte, représente un point commun à l'ensemble des thématiques de recherche. Leur objectif global pourrait peut-être être résumé ainsi : contribuer à une vie en société de qualité pour l'ensemble des citoyens, en meilleure intelligence avec notre planète vivante et ses ressources.

De fait, notre communauté s'attache à atteindre cet objectif par le développement et le renouvellement de nos approches scientifiques et des moyens utilisés également. Nous souhaitons aussi renforcer le dialogue entre nos disciplines, en rassemblant les grands champs disciplinaires des SIC, SHS comprises, par une approche plus intégrée de l'analyse des dynamiques sociales qui vont sous-tendre les évolutions futures. Pour cela, de nouvelles approches et retours d’expérience en matière de co-design des questions de recherche utiles pour l’action, ce qui nécessite de de réfléchir à une démarche transdisciplinaire avant même le démarrage des projets, de co-construction de la science et co-évaluation et co-dissémination des résultats avec les parties prenantes pourraient être mis en avant. Cela implique notamment de penser la place des démarches participatives et intégratives en interaction étroite avec différentes parties prenantes telles que les pouvoirs publics, leurs structures opérationnelles, les citoyens, les professionnels de l’agriculture, de l’industrie dès le démarrage des projetsCes nouvelles modalités d’intégration des besoins, des données et des savoirs territorialisés, par exemple dans le cadre de « living labs » est en mesure de faciliter l’appropriation et l’ancrage des résultats de la recherche pour une meilleure prise en compte de la dimension systémique propre à la complexité des géo-socio-écosystèmes étudiés. Nos projets bénéficieront évidemment de l'acquisition et de l'application de nouveaux instruments transverses, du renforcement et du renouvellement des modes d'analyse, et de gestion et de mise à disposition des données obtenues.

**Thème b - Continuum Sciences-Sociétés: Transitions**

Dans un contexte de transition énergétique, les interfaces (micro-)organismes-solution-minéraux sont au cœur des questions de production d’énergie durable et renouvelable, aussi bien à travers le développement de biocarburants, biogaz et biopiles que pour la production de H2 ou le stockage de CO2. Plus largement, les cycles bio-géochimiques des éléments et métaux stratégiques peuvent couvrir également des approches intégrées du manteau terrestre à l'impact environnemental. On retrouve ces interfaces et ces problématiques dans des environnements très divers et à différentes échelles, aussi bien dans les stations d’épuration qui constituent un maillon clé pour la transition énergétique que dans les mégapoles ou encore les estuaires impactés par l’extraction minière et potentiellement à terme par le stockage de H2 et de CO2.

D’autre part, le cycle de l’eau, et des éléments nutritifs et des divers polluants qu’elle transporte, au sein des compartiments des SIC sont fortement impactés par les activités humaines et sont associés à des processus physiques et biogéochimiques conduisant à une régulation des flux d’eau, de nutriments et de contaminants. Dans un contexte de transition socio-écologique, développer des recherches inter et transdisciplinaires avec les parties prenantes s’avère essentiel afin de pouvoir contribuer à identifier et réduire les sources de pollution, et quantifier et porter à connaissance le rôle des écosystèmes dans la régulation des cycles de l’eau, nutriments et contaminants.

**Thème c - Continuum Sciences-Sociétés: Quels types de données obtenir, générer et analyser**

La nécessité de travailler avec les acteurs des territoires et d’établir des partenariats sciences-sociétés pour la collecte de données participatives et la recherche sur les anthroposystèmes du futur a été soulignée.

La quasi-totalité des fiches a fait remonter des besoins sur le type de données nécessaires pour mener des recherches sur :

- les cycles de vie et dynamiques des populations ;

- la dynamique des écosystèmes régulateurs au sein des socio-écosystèmes ;

- la description et l’analyse de la biodiversité, du continuum Homme-Terre-Mer (hot-spot d’étude des pressions anthropiques sur les ressources naturelles, intégration des SHS pour la prédiction des flux de matières) ;

- le fonctionnement intégré des hydrosystèmes continentaux, des paléoclimats et paléoenvironnements ;

- le forçage terrestre et les processus aux interfaces ;

- les transferts de matière d’éléments majeurs (C, N, P, Si), les flux de matière ;

- l'anticipation de la contamination future de la ressource en eau ;

- les bioaérosols.

Il a été fait mention dans de nombreuses fiches de l’importance et du souhait généralement partagé de mener des recherches interdisciplinaires sur la base de jeux de données appréhendables par les scientifiques et par les décideurs publics.

***Importance de la pluridisciplinarité sur les grands thèmes identifiés.*** De fait, que ce soit pour étudier la réponse des écosystèmes à ces pressions locales, mais aussi liées aux changements globaux, ou encore pour développer des biotechnologies fondées sur la nature, une plus grande pluridisciplinarité apparaît indispensable (hydrologues, géologues, géochimistes de l’environnement, bio-géo-chimistes, physico-chimistes des interfaces, écologues microbiens, écotoxicologues, etc). Celle-ci existe déjà en partie dans la communauté SIC, mais il faut la développer plus.

D’un autre côté, afin d’éviter que cette force ne constitue aussi une faiblesse, il semble nécessaire de fédérer au niveau organisationnel les différents acteurs autour de champs disciplinaires spécifiques. Ce besoin a été remonté par exemple par la communauté des modélisateurs du transport réactif. La fédération de ces communautés permettrait de mieux répondre collectivement aux appels à projets, qui tendent plutôt à opposer les visions thématiques et méthodologiques sans considérer les développements méthodologiques comme sujets de recherche à part entière. Enfin, il serait important de développer des travaux faisant réellement interagir les sciences de l’environnement avec les sciences économiques, humaines, sociales et juridiques à travers l’intervention de chercheurs disposant de compétences mono-disciplinaires et d’autres travaillant déjà à l’interface entre plusieurs disciplines très différentes.

1. *Pistes de réflexions, incluant les axes de recherche et les innovations méthodologiques à développer,*

**Axes de recherche**

***Changement climatique.*** Comment produire une science utile aux acteurs des territoires confrontés à l’augmentation des risques et des impacts climatiques ? Comment co-construire et co-évaluer les services climatiques de demain pour faire face aux enjeux locaux d’anticipation, d’atténuation, d’adaptation et de transformation des socio-écosystèmes face aux effets des changements climatiques ?

***Perturbation des cycles biogéochimiques.*** Compréhension de l’importance des activités humaines dans les modifications des cycles biogéochimiques à l’échelle territoriale, des processus d’économie circulaire liée à ces cycles biogéochimiques et des risques environnementaux associés.

***Ressources en eau.*** Eau bien commun, élément indispensable à la vie et aux activités socio-économiques et fortement soumis aux forçages climatiques et anthropiques (usage des sols). . La perturbation du cycle de l’eau altère le fonctionnement global des socio-écosystèmes, dans sa dimension écosystémique comme pour les activités socio-économiques. La restauration des paysages hydriques et la modification des usages impliquent de mettre en œuvre des approches intégrées des socio-hydrosystèmes, de la gouvernance et de la gestion des ressources (qualité, quantité) et des usages :nexus eau-énergie-agriculture**.**

***Changement d’usage des sols.*** Dégradation des sols et des milieux naturels sous l'effet des activités humaines (urbanisation, artificialisation, agriculture, industrie, etc.), la ville comme territoire-clé/emblématique du rapport homme-milieu : des interactions climat/formes urbaines à l’échelle micro-locale aux impacts pour la santé humaine.

***Erosion de la biodiversité.*** Pour une compréhension intégrée des socio-écosystèmes, approche One Health, santé humaine et santé environnementale sont indissociables. Aspects-clés: représentation et modélisation intégrées des socio-écosystèmes, services écosystémiques (ressources, valorisation biotechnologique, application pour la santé), conservation et restauration des milieux et de la biodiversité, résilience des socio-écosystèmes, compréhension des déterminants environnementaux de la santé des socio-écosystèmes et leur prise en compte dans les politiques publiques.

**Innovations méthodologiques à développer**

Approches systémiques, trans- et inter-disciplinarité (radicale), recherches orientées solutions, recherche-action territorialisée, living labs, observations et modélisation intégrée/couplée (processus biophysiques et sociaux, vivant/non-vivant), formation au développement durable/transition, observatoires des impacts anthropiques long terme (30 ans), nouvelles plateforme et sites eLTER, stations expérimentales en mer, sciences participatives pour l’observation des socio-écosystèmes (données manquantes, meilleur échantillonnage spatio-temporel, croisement des enquêtes et questionnaires utilisés en SHS et des relevés de terrain et collectes d’échantillons menés en sciences de l’environnement, etc.).

On voit que la communauté SIC entend bien s’emparer des derniers développements technologiques numériques (IA, machine learning, architectures exascales, GPU, etc.) et des concepts et théories en physico-chimie les plus récents (théorie non-classique de la nucléation cristalline par exemple).

Sur le plan méthodologique, de nombreux besoins de couplages sont également relevés (analyses moléculaires de l’isotopie aux observations avec le multi-échelle/modèles globaux, modèles de transport réactif avec les approches IA p. ex.). La vigilance est toutefois recommandée pour que ces approches complémentaires restent identifiées, c’est à dire qu'il s'agit de bien maintenir de la modélisation physico-chimique directe en parallèle à de l’IA, et de bien maintenir de l’atomistique-moléculaire en parallèle au global et au multi-échelle.

*Nouvelles technologies/ progrès technologiques*

* Miniaturisation des composants, nouveaux moyens de télétransmissions Telécom
* Développement de capteurs low cost
* Sources de modèles 3D à haute ou très haute résolution - lidar aéroporté/terrestre, photogrammétrie low-cost par drone, stéréo satellitaire
* Nouveaux préleveurs passifs avec des niveaux de détection plus faible que les simples échantillonnages directs
* Evolution des techniques d’analyses permettant la caractérisation et la répartition de la dynamique des micropolluants/pesticides/bioaerosols
* L’AI en complément des approches multicapteurs-multiéchelle
* Développements méthodologiques et techniques pour l’acquisition de données (physique, chimie, biologie, écologie, etc.) en milieux isolés,
* Développement d’un parc instrumenté national pour l’observation des flux pendant les évènements extrêmes ainsi que l’acquisition de données, par exemple pour les aérosols
* Créer de nouvelles générations d’observations connectées orientées vers une acquisition « intelligente » des données, optimisant ainsi la consommation d’énergie et le stockage de données, et permettant d’interfacer les différentes mesures à travers des outils tels que l’internet des objets (IoT).
* Application des développements techniques et méthodologiques menés par les équipes instrumentales des autres domaines de l’INSU, des autres instituts du CNRS et au sein des partenaires de l’INSU
* Outils peu ou pas utilisés dans la communauté SIC avec ce qu’ils recèlent de nombreuses potentialités

*Spatialisation de la mesure*

* Capteurs low cost facilitant l’acquisition de données spatialisées
* Données satellites augmentant la résolution spatiale
* Analyses couplées : topo/végétation/infrastructure/bathymétrie/zone peu profonde, ou encore géochimie / génomique
* Spatialisation des usages/approche agronomique
* Approche multicapteur-multiéchelle (image satellitaire-processus au niveau des sites d’observation)

*Types de données*

* Rétro-observations pour étudier les trajectoires passées ou pour établir des scénarios climatiques ou hydrométéorologiques pertinents non encore disponibles dans les projections hydroclimatiques.
* Séries temporelles/mesures directes des vitesses d’évolution des éléments constitutifs des paysages et autres mesures
* Contaminants émergents en constante apparition dans la zone critique
* Données permettant l’analyse des dynamiques sociales pouvant sous-tendre les évolutions futures
* Changements côtiers liés au pergélisol

*Utilisations de la donnée*

* Modélisation numérique/conceptuelle en lien avec les services d’observation
* Données sur les pollutions (transferts de pesticides p. ex.) à relier avec les bases de données disponibles au niveau national

**Besoins à discuter**

*Enjeux-clés*Collaboration inter-organismes, données dispersées, approches en silos, modélisation intégrée de la zone critique intégrant les dynamiques anthropiques et leurs évolutions futures, acceptabilité sociale, rétroactions climat/surfaces continentales à l’échelle des socio-écosystèmes locaux (territoires), verrou des modes d’évaluation différents selon les disciplines.

Besoin de discuter sur le terme continuum science société afin de lever toute ambiguïté.: Qu’entend-t-on précisément par continuum science société ?

Besoin de bien définir le terme "continuum" et comment notre communauté le conçoit en termes d'interactions et de co-construction avec les différents types d'acteurs de la société (collectivités, entreprises, associations, citoyens). Interactions et co-construction à exercer et pratiquer ensuite sur des projets concrets de recherche-action.

*Verrous institutionnels*

Le mode actuel de financement de la recherche sur réponse aux appels à projets ne permet pas d’implémenter sur le long terme des observatoires, pourtant nécessaires pour évaluer les impacts anthropiques, par exemple de l’éolien en mer sur la dynamique des écosystèmes marins.

Identifier les effets de la transition dans la société : y-a-t-il des impacts ou pas ? est-ce que l’on accompagne la société dans la transition ? Pour le moment, pas d’interfaçage explicite, pas d’interfaçage institutionnel- besoin manifeste d’avancer avec notre tutelle sur ce point. Par exemple pour les transitions socio-environnementales (alimentaire, énergétiques, écologiques), l'impact est fondamental et une question majeure de ce thème.

Proposer une recherche innovante avec la société civile qui n’a pas forcement vocation à avoir une valeur économique directe (référence à la direction de l’innovation et des entreprises). Il existe des méthodologies de la prise en compte des innovations avec des aspects autres qu’économique. Retour d’expérience des organismes comme le CIRAD ou l’INRAE qui mettent en place des outils d’évaluation.

*Verrous scientifiques*

- cloisonnement disciplinaire, cloisonnement des communautés «continentale» et «marine»

- niveau de complexité des SIC, prise en compte des discontinuités/hétérogénéités au sein des SIC

- couplages de modèles pour une prise en compte de l’ensemble du continuum homme-terre-mer

- couplage de modèles basés sur des technologies très différentes et ayant des temporalités et des ressources de développement hétérogène

- scénarisations

- incertitudes : propagation des incertitudes le long des chaînes de modélisation terre-mer, développer des démarches méthodologiques pour mieux prendre en compte l'incertitude liée à la variabilité climatique naturelle

- besoin de faire évoluer les techniques d’analyse pour caractériser la répartition et la dynamique des micropolluants

*verrous : interaction avec la société civile*

Les observations participatives représentent un type de données à acquérir ou à développer qui n'est pas explicité dans les fiches, mais qui est d’importance. Comment le déploiement de capteurs peut devenir des outils pour des enjeux des territoires ? mais avec qui ? uniquement chercheurs ou avec le grand public ? terrain de jeux avec les zones atelier-sno ; prendre exemples issus du services climatiques

Il y a un réel manque dans les fiches concernant comment faire remonter les questions posées par les territoires, et avec quel jeu de données. Beaucoup de données sont acquises par les acteurs de la société civile, comment les intégrer à notre réflexion scientifique?

Quid des transitions socio-environnementale-écologiques co-construites avec les acteurs du développement des territoires?

Prise en compte de l’histoire : histoire des non transitions : il s’agit de la première transition réalisée. Comment établir un corpus de références, établir une méthodologie d'analyse etc .

Plusieurs points ont émergés de la discussion lors du webinar

* Identification des parties prenantes ? de qui parle-t-on: collectivités territoriales ? associations ? industries ? Il faut les identifier et établir des collaborations avec elles. Parties prenantes multiformes : incluent la collecte de données, sciences participatives, co-construction.
* Lien avec la discussion qui a émergé lors de la réunion CS SIC ; lien avec le grand public souhaité, mais dans la communication, comment se positionner face à la désinformation et à la mauvaise utilisation des résultats scientifiques
* Comment bien retranscrire les questionnements de la société pour bien répondre à leurs attentes?

**Liens avec la quasi-totalité des autres ateliers**

*- Lien fort avec le thème 6:* Production d’énergie et impacts environnementaux

*- En lien avec les IR et SNO:* littoraux (SNO Dynalit, IR Ilico) ; les rivières (IR Ozcar) ; la caractérisation de la houle ; les villes (SNO Observil, IR Ozcar) ; les indices morphologiques de failles actives (IR Epos-France), les flux de matière dans les bassins versants montagneux ; la caractérisation de la glace et du manteau neigeux (SNO glacioclim).

*- En lien avec la qualité des ressources/territoires :* micropolluants/contaminants chroniques ou diffus

**3/ Aspects transverses**

**Couplage avec la société**

Sur le plan du couplage avec la société, il faut noter que la demande de création de nouveaux observatoires comme sur l’impact de l’éolien mer répond aussi à une demande d’acteurs locaux de la société et d'usagers de l’espace maritime, et pas seulement des chercheurs. Une proposition est également faite d’intégrer les stations d’épuration dans des « living labs » interdisciplinaires et ouverts sur la société civile, pour une vision socio-écosystémique intégrée et renouvelée de la gestion de l'eau et du traitement des eaux usées.

Point d’accroche côtier : site atelier-solutions potentielles pour mairie et communes, valeur touristique à faire valoir (aire marine protégée (Nice) , une co-construction car il y a une volonté politique et scientifique de protection et valorisation).

Quelle perspective pour des interfaces productives avec la sociologie (analyse du jeu des acteurs) ? et la psychologie (questions de cultures scientifiques différentes selon les disciplines, aussi pour les interactions scientifiques, et biais cognitifs) ? comme contribution utile voire essentielle aux projets de recherche-action interdisciplinaires et de leur co-construction ?

par exemple quand on présente un projet d’infrastructure, on ne comprend pas toujours ce qui pose problème aux personnes qui sont contre ce projet ? Qu’est-ce qui dérange ou pas ? Comment finalement prendre en compte la perception des humains sur les paysages ? Comment s’approprie-t-on les paysages ? qu’est ce qui fait que l’on peut les modifier sans que cela pose problème ou au contraire provoque des réactions très vives des personnes (exemple construction d’infrastructure permettant d’améliorer des manques en énergie, en eau ….

**4/ Eléments éventuels pour alimenter le bilan des dernières prospectives**

Sans objet pour le moment.